
**Mapping the Preservation of Springs
Using the SICAR[®] Database and MapBiomass[®] with Modeling in QGIS[®]**

George do N. Ribeiro^{*}, Paulo R. M. Francisco^{**}, José H. S. de Sousa^{***},
João M. de Moraes Neto^{****}, José N. Silva^{*****}, Raimundo C. M. Rodrigues^{*****}

^{*}Dr. Prof. Associado, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, george.nascimento@professor.ufcg.edu.br

^{**}Dr. Prof. Visitante, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, paulomegna@gmail.com

^{***}Mestrando em Eng. Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, hugosimplicio123@gmail.com

^{****}Dr. Prof. Titular, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, j.miguel.moraes@hotmail.com

^{*****}Dr. Prof. Associado, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, nilton@eq.ufcg.edu.br

^{*****}Dr. Prof. Associado, Universidade Estadual do Maranhão, UEMA, calixto@cca.uema.br

Received 05 June; accepted 27 January.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the degree of preservation and map spring areas in the state of Paraíba using geoprocessing techniques. *Raster* data on vegetation cover were obtained from MapBiomass[®] and were geospatialized using the QGIS[®] 3.4.2 software. *Shape* data on the Environmental Protection Area, which includes springs and water sources in the study region, were obtained from the Rural Environmental Registry System and a 50-meter vector line was generated around the springs using the *buffer* tool. In the modeling for the preparation of the degree of preservation map, which was cropped using the difference tool of the geoprocessing module and then reclassified using the GRASS[®] 8.4.1 tool. In the statistical treatment, the normality test was performed using the RCoreTeam[®] *plugin* and the density curve was created. To verify whether the samples came from a certain probability distribution, the Lilliefors nonparametric hypothesis test was used. The geoprocessing techniques and methodology used were efficient and fast. The data used were accurate and totaled 1,392 springs, mostly located in steeper areas such as the Brejo Region in the Mamanguape River Basin. The MapBiomass[®] data were accurate and important for determining the degree of preservation. Regarding the spatial distribution of the classification of the springs, it was observed that there is a close relationship between land use. The mapped springs presented a degree of preservation in 54.82% of their total area, followed by moderately degraded in 13.93%. The statistical test showed normality in the distribution of the springs and their degree of preservation, as well as in their distribution density.

Keywords: SICAR, water sources, probability distribution, hydrological modeling.

**Mapeamento da Preservação de Nascentes
Utilizando a Base do SICAR[®] e MapBiomass[®] com Modelagem no QGIS[®]**

RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar o grau de preservação e mapear áreas de nascentes do Estado da Paraíba através de técnicas de geoprocessamento. Dados em formato *raster* de cobertura vegetal foram obtidos no MapBiomass[®] e utilizando o software QGIS[®] 3.42.2 foram geoespacializados. Dados em formato *shape* da Área de Proteção Ambiental em que consta nascentes e olhos d'água da região de estudo foram obtidos do Sistema do Cadastro Ambiental Rural e gerado linha vetorial de 50 m no entorno das nascentes com a utilização da ferramenta *buffer*. Na modelagem para a elaboração do mapa de grau de preservação foi feito um recorte utilizando a ferramenta diferença do módulo geoprocessamento e após reclassificado utilizando a ferramenta do GRASS[®] 8.4.1. No tratamento estatístico foi realizado o teste de normalidade utilizando o *plugin* do RCoreTeam[®] e elaborada a curva de densidade. Para verificar se as amostras procediam de uma determinada distribuição de probabilidade foi utilizado o teste de hipóteses não paramétricos de Lilliefors. As técnicas de geoprocessamento e a metodologia utilizada apresentaram eficácia e rapidez. Os dados utilizados apresentaram precisão e totalizaram 1.392 nascentes, localizadas em sua maioria em locais de maior declividade como a Região do Brejo na Bacia do Rio Mamanguape. Os dados do MapBiomass[®] foram precisos e de importância para determinar os graus de preservação. Quanto à distribuição espacial da classificação das nascentes, observou-se que há uma relação estreita entre o uso da terra. As nascentes mapeadas apresentaram grau de preservação em 54,82% de sua área total, seguida da moderadamente degradada em 13,93%. O teste estatístico apresentou normalidade na distribuição das nascentes e em seus graus de preservação como também em sua densidade de distribuição.

Palavras-Chave: SICAR, olhos d'água, distribuição de probabilidade, modelagem hidrológica.

1 Introdução

A água é um recurso natural escasso e cuja disponibilidade tem sido limitada, principalmente nas regiões áridas e semiáridas (Gheyi et al., 2012). Ações de preservação de nascentes têm se tornado indispensáveis, visto que, atualmente as mesmas são consideradas como um recurso natural de altíssimo valor econômico (Santos et al., 2001).

No entanto, as nascentes são fundamentais para manutenção do equilíbrio hidrológico das bacias hidrográficas, constituindo-se como as principais fontes de água de um rio (Felippe & Magalhães Júnior, 2012). As nascentes de rios intermitentes, por outro lado, são aquelas que apresentam fluxo de água apenas durante a estação das chuvas e por alguns poucos meses após o término dessa, e secam durante a estação seca, quando o nível do lençol freático baixa e acaba a alimentação para o a área coletora das águas (Souza et al., 2019). Portanto, estas devem ser preservadas e monitoradas.

As nascentes são caracterizadas por serem Áreas de Proteção Permanentes (APPs). São áreas legalmente protegidas e contribuem na preservação dos recursos hídricos, dos ecossistemas e da biodiversidade, garantindo assim a perpetuação e conservação ambiental desses ambientes (BRASIL, 2012). Para garantir a proteção dessas áreas, é imprescindível a presença da vegetação ciliar, que, além de evitar os processos de degradação, também possui função hidrológica associada à nascente (Venzel et al., 2016).

Diferentes fatores podem contribuir para a manutenção de uma nascente como, por exemplo, a vegetação em seu entorno (Santos & Santos, 2021). Nas áreas circunvizinhas de nascentes, a vegetação atua como um amortecedor das chuvas, evitando o impacto direto sobre o solo (Skorupa, 2003), colaborando assim para que o solo permaneça poroso e capaz de absorver a água das chuvas, alimentando os lençóis freáticos (Felippe et al., 2014).

Conforme Faria et al. (2012), nos estudos de diagnóstico de nascentes, o uso da terra deve ser levantado para verificar a ocorrência de áreas degradadas ou propícias à degradação. Assim, a avaliação do uso atual do solo no entorno das nascentes e na área de recarga permite verificar possíveis conflitos de uso nas áreas de preservação permanente e suas consequências.

No Brasil existe um vasto acervo de informações sobre nascentes, em especial os registros do Cadastro Ambiental Rural – CAR (Dias, 2022). Este integra as informações ambientais das propriedades e posses rurais

compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento (Oliveira & Oliveira, 2019).

Ferreira et al. (2015), afirmam que o estudo espacial é uma poderosa ferramenta que tem contribuído cada vez mais para as pesquisas. De acordo com Aquino e Valladares (2013), os sistemas de informações geográficas e o sensoriamento remoto são mecanismos que auxiliam de modo satisfatório na interpretação e representação dos fenômenos que ocorrem na superfície terrestre, sendo ferramentas essenciais no ordenamento territorial, análise e monitoramento com cunho ambiental, pelo fato da sua capacidade de análise temporal, quantificação, identificação e localização de ações.

Atualmente o uso do geoprocessamento tem promovido o processo de delimitação das áreas de proteção permanente, bem como tem contornado o processo de aquisição de dados em um menor tempo, com eficiência e precisão (Costa et al., 2020). Dentre os procedimentos geoestatísticos, se destaca a técnica da estatística zonal, que de acordo com Barbosa et al. (1998), permite estabelecer relações espaciais entre regiões de mapas distintos.

Apesar da grande importância da manutenção e conservação das nascentes, em destaque no semiárido, observa-se a ausência de estudos que visam ao mapeamento e à caracterização dessas fontes hídricas, sendo verificados alguns escassos estudos sobre outros biomas (Jesus et al., 2018).

Pesquisas em diversas regiões quanto às nascentes do Estado da Paraíba foram elaborados por Costa (2011), Silva et al. (2013), Souza et al. (2014), Santos e Toscano (2015), Silva et al. (2016), Silva (2016), Oliveira et al. (2016), Leite (2017), Santos (2018), Queirós (2019), Borges et al. (2019), Oliveira e Neiman (2020), Silva (2023), Targino (2024), Diniz et al. (2024) e Freire et al. (2024).

Portanto, este trabalho objetiva, para o Estado da Paraíba, mapear nascentes e seu estado de conservação utilizando técnicas de geoprocessamento.

2 Material e métodos

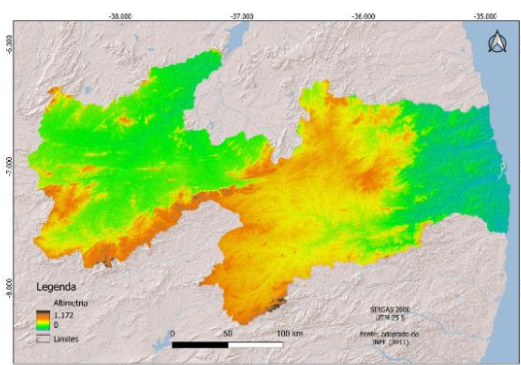
O Estado da Paraíba, localizado na região Nordeste do Brasil, apresenta uma área de 56.467,24 km² (IBGE, 2021). Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18"S, e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45"W. Ao Norte, limita-se com o Estado do

Rio Grande do Norte; ao Leste, com o Oceano Atlântico; a Oeste, com o Estado do Ceará; e ao Sul, com o Estado de Pernambuco (Francisco, 2010).

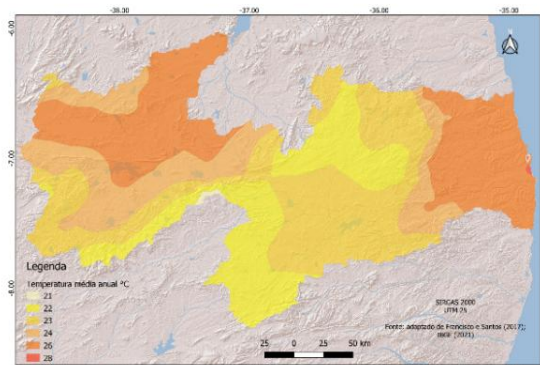
O relevo apresenta-se de forma geral bastante diversificado, constituindo-se por formas de relevo trabalhadas por diferentes processos, atuando sob climas distintos e rochas pouco ou muito diferenciadas (Paraíba, 2006). É caracterizado por planícies, planaltos e depressões em formas tabulares e planas. Cerca de 90% do território situa-se abaixo dos 600 m de altitude (Figura 1a), com as maiores elevações na região central do Estado, ao longo do Planalto da Borborema. Na faixa litorânea com clima tropical úmido, predominam as falésias, com altitudes não maiores que 60 m, abrigando diversas áreas de proteção integral e uso sustentável com remanescentes de Mata Atlântica. A Depressão Sertaneja domina o relevo no Oeste do Estado, caracterizado pela Caatinga e o clima semiárido,

com elevações variando principalmente entre as cotas 100 e 400 metros (Paraíba, 2014).

O clima caracteriza-se por temperaturas médias elevadas (22 a 30°C) e uma amplitude térmica anual muito pequena, em função da baixa latitude e elevações (<700m) (Figura 1b). A precipitação varia de 400 a 800 mm anuais, nas regiões interiores semiáridas, e no Litoral, mais úmido, pode ultrapassar aos 1.600 mm (Varejão-Silva et al., 1984) (Figura 2a). Conforme Francisco et al. (2015), apresenta classificação climática de Köppen, em quatro tipos diferentes de clima. O clima 'Aw', que caracteriza a região do Litoral Norte como Tropical com estação seca no inverno, o clima 'Am' no Litoral Norte e Sul do Estado, o tipo climático 'As' que dominam em sua maioria nas regiões de parte do Litoral, Brejo, Agreste e em pequena faixa da região do Sertão e em toda área do Alto Sertão. O tipo climático 'BSh' é predominante na área do Cariri/Curimataú, e boa parte da área do Sertão (Figura 2b).

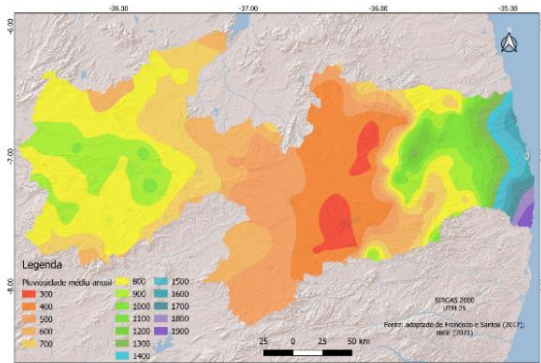


a

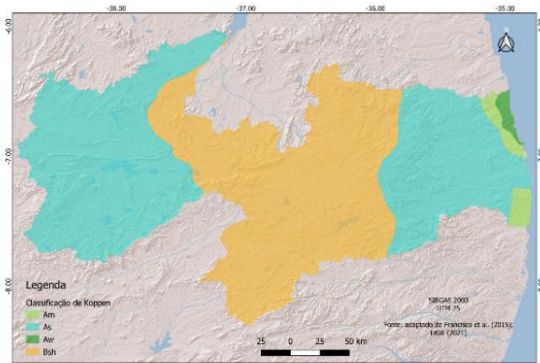


b

Figura 1. a) Altimetria do Estado da Paraíba; b) Temperatura média anual. Fonte: Adaptado de Francisco et al. (2013); Francisco e Santos (2017).



a



b

Figura 2. a) Precipitação média anual; b) Classificação climática de Köppen. Fonte: Adaptado de Francisco et al. (2015); Francisco e Santos (2017).

As classes de solos predominantes da área de estudo estão descritas no Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (Paraíba, 1978), e estas diferem pela diversidade geológica, pedológica e geomorfológica; atendendo também a uma diversidade de características de solo,

relacionadas à morfologia, cor, textura, estrutura, declividade e pedregosidade e outras características (Francisco et al., 2013). De uma forma geral, os solos predominantes são os Luvisolos Crômicos, Neossolos Litólicos, Planossolos Solódicos, Neossolos Regolíticos

Distróficos e Eutróficos distribuídos na mesorregião do Sertão e nos Cariris, os Vertissolos na mesorregião do Sertão, e os Argissolos Vermelho Amarelo e os Neossolos Quartzarênicos no litoral do Estado (Francisco, 2010) (Figura 3).

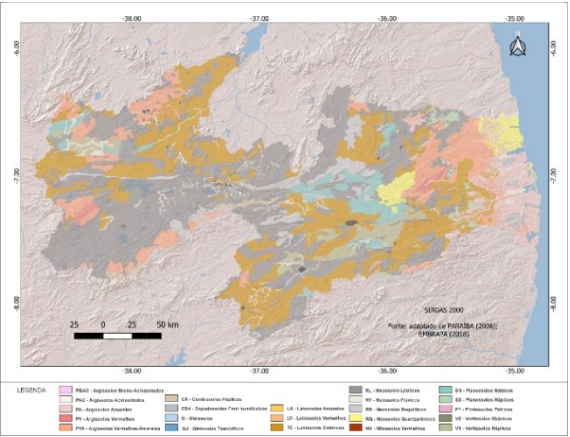


Figura 3. Solos do Estado da Paraíba. Fonte: Francisco et al. (2023a).

Dados em formato *shape* de Área de Proteção Permanente (APP) em que constam nascentes e olhos d’água foram obtidos no SICAR[®] (2024) e geoespacializados utilizando o *software* QGIS[®] 3.42.2 e gerado linha vetorial de contorno de 50 metros ao entorno das nascentes (BRASIL, 2002) com a utilização da ferramenta *buffer*.

Dados em formato *raster* de cobertura vegetal do ano de 2022 provindo do satélite Sentinel-2 de 10 metros provindo do MapBiomass[®] e utilizado por Francisco et al. (2023b), foi geoespacializado utilizando o QGIS[®].

Na modelagem para a elaboração do mapa de grau de preservação, o arquivo do MapBiomass[®] foi recortado utilizando o *shape* de contorno das nascentes através da ferramenta diferença do módulo geoprocessamento, e após reclassificado utilizando a ferramenta do GRASS[®] 8.4.1 *r.reclass* de acordo com a Tabela 1, e após calculou-se a área através da ferramenta *r.report*.

Tabela 1. Parâmetros da classificação do grau de preservação das nascentes.

Tipo de Vegetação	Grau de Preservação
Floresta	Preservada
Formação natural não Florestal	Moderadamente preservada
Agricultura	Moderadamente degradada
Pastagem	Degradada
Não vegetada	Muito degradada

Fonte: Adaptado de MapBiomass[®] (2024).

No tratamento estatístico foi realizado o teste de normalidade utilizando o *plugin* do RCoreTeam[®] (2024) do QGIS[®] e elaborada a curva

de densidade. Para verificar se as amostras procediam de uma determinada distribuição de probabilidade foi utilizado o teste de hipóteses não paramétricos Lilliefors (1967) (Kolmogorov-Smirnov).

3 Resultados e discussão

Pelos resultados obtidos, através da Figura 4, pode-se observar a espacialização das nascentes identificadas distribuídas por bacia hidrográfica, em que, em sua maioria, localizam-se em regiões de maior declividade e estas totalizam 1.392 nascentes.

Em região de clima ‘BSh’ semiárido, sob o planalto da Borborema, verifica-se que apresenta menor número de nascentes em relação às demais. A região do Brejo apresenta o maior número de nascentes, como também na região litorânea, com clima do tipo ‘Am’, principalmente ao Sul do Estado com maior ocorrência da pluviosidade.

De acordo com a Tabela 2, quanto à região do Sertão de clima ‘As’ quente e seco, em área de drenagem do Rio Piranhas, composta pelas bacias do Rio do Peixe, Piancó, Espinharas, Seridó Ocidental Paraibano, Seridó Oriental Paraibano, Alto Curso do Rio Piranhas e Médio Curso do Rio Piranhas, verifica-se que a bacia da região do Médio Curso do Rio Piranhas seguida da bacia do Piancó apresentam percentual de área em relação às demais de 8,09 e 16,66%, respectivamente, com 78 e 58 (5,60 e 4,17%) nascentes identificadas.

Quanto ao Rio Paraíba, que se localiza em torno de 50% de sua drenagem sob o Planalto da Borborema, região do Cariri, composta pelas bacias e sub bacias do Taperoá, Alto Curso do Rio Paraíba e Médio Curso do Rio Paraíba compreendem 29,07% da área total do Estado, apresentam 135 nascentes. Já a sub-bacia do Baixo Curso do Rio Paraíba, localizada no Agreste e Litoral, representando 7,15% da área total, contempla 135 nascentes, representando 50% do total da bacia.

As bacias dos Rios Jacu, Trairi e Curimataú, localizadas na região do Curimataú, onde sua drenagem desagua no Estado do Rio Grande do Norte, apresentam área de 7,47% do Estado contemplam 104 nascentes.

Quanto às bacias que contemplam o Litoral Norte do Estado, dos Rios Guajú, Camaratuba, Mamanguape e Miriri, representando 8,52% da área do Estado, apresentam 454 nascentes, representando 32,61% do total, com sua maioria distribuída na Bacia do Mamanguape (404 nascentes) com 3.516,50 km², isto devido o início

de sua drenagem estar localizada sob o Planalto da Borborema, região mais declivosa

As bacias hidrográficas do Rio Gramame e Abiaí, localizadas no Litoral Sul com menores

áreas em relação as demais, apresentam 232 nascentes, 16,67% do total, isto devido estarem localizadas em região de maior pluviosidade, com maior afloramento de nascentes.

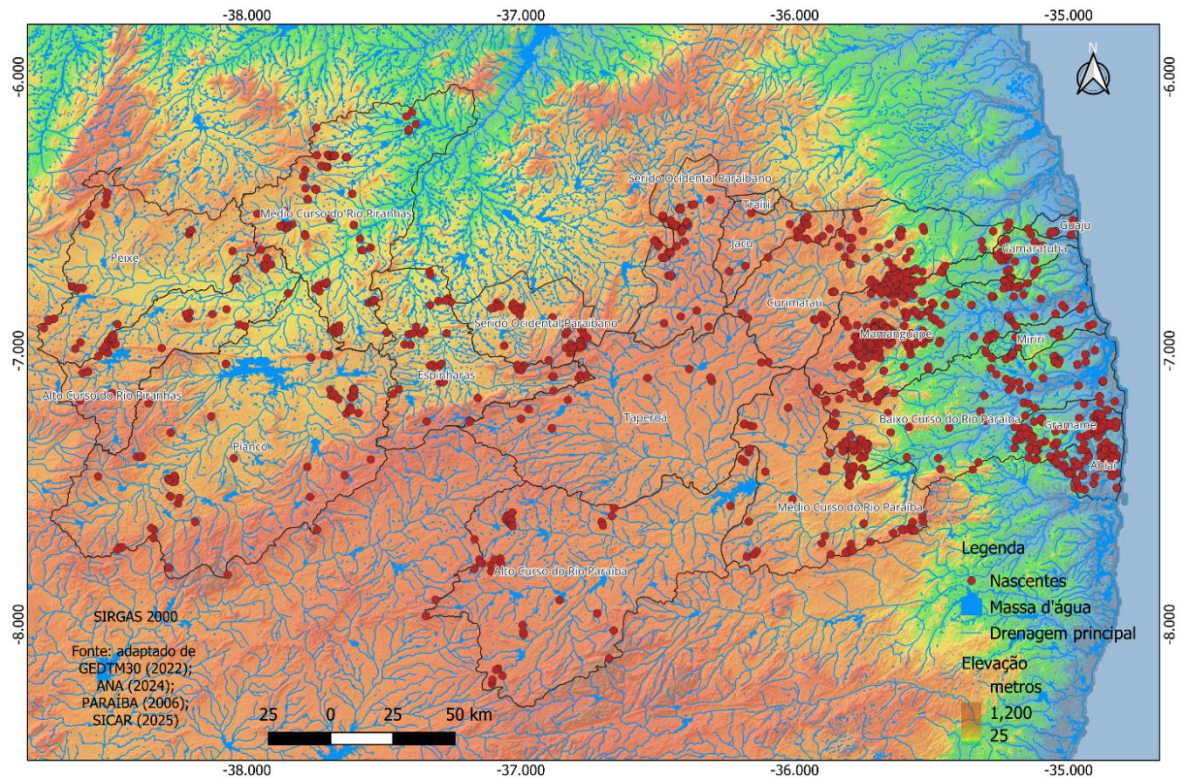


Figura 4. Nascentes da área de estudo. Fonte: Adaptado de Ho e Hengl (2025); SICAR® (2024); ANA (2012); Paraíba (2006).

Tabela 2. Distribuição por bacia hidrográfica

Região	Bacia Hidrográfica	Sub-bacia	Área (km ²)	%	Nº Nascentes	%
Sertão	Rio Piranhas	Peixe	3.439,45	6,2	28	2,01
		Piancó	9.247,76	16,66	58	4,17
		Espinharas	2.281,63	4,11	38	2,73
		Seridó Ocidental Paraibano	1.466,17	2,64	32	2,3
		Seridó Oriental Paraibano	1.970,85	3,55	67	4,81
		Alto Curso do Rio Piranhas	2.206,43	3,97	33	2,37
		Médio Curso do Rio Piranhas	4.490,26	8,09	78	5,6
Curimataú	Rio Trairi	Trairi	107,42	0,19	-	-
		Jacu	964,68	1,74	20	1,44
		Curimataú	3.340,61	6,02	84	6,03
Cariri	Rio Paraíba	Taperoá	5.676,96	10,23	19	1,36
		Alto Curso do Rio Paraíba	6.709,33	12,09	52	3,74
		Médio Curso do Rio Paraíba	3.749,23	6,75	64	4,6
Litoral		Baixo Curso do Rio Paraíba	3.966,96	7,15	133	9,55
Litoral Norte	Rio Guaju	Guaju	150,13	0,27	11	0,79
	Rio Camaratuba	Camaratuba	633,49	1,14	31	2,23
	Rio Mamanguape	Mamanguape	3.516,50	6,33	404	29,02
	Rio Miriri	Miriri	432,4	0,78	8	0,57
Litoral Sul	Rio Gramame	Gramame	582,42	1,05	98	7,04
	Rio Abiaí	Abiaí	584,13	1,05	134	9,63
Total			55.516,81	100	1.392	100

Na Figura 5 e pela Tabela 3, pode-se observar a distribuição espacial do grau de preservação das nascentes, em que a Bacia do Rio

Mamanguape, com maior área entre as demais litorâneas, apresenta 23,53 km² representando 45,04% do total em grau Preservada, no entanto,

por estar localizada em região com maior pluviosidade e solos profundos, apresenta maior exploração agropecuária e consequentemente com grau Moderadamente Degradada em 2,29 km², seguida do grau Degradada em 1,40 km², onde

entre as demais bacias hidrográficas representa 37,07%, seguida da Muito Degradada em 0,13 km², representando ~70% das nascentes em estado Preservada.

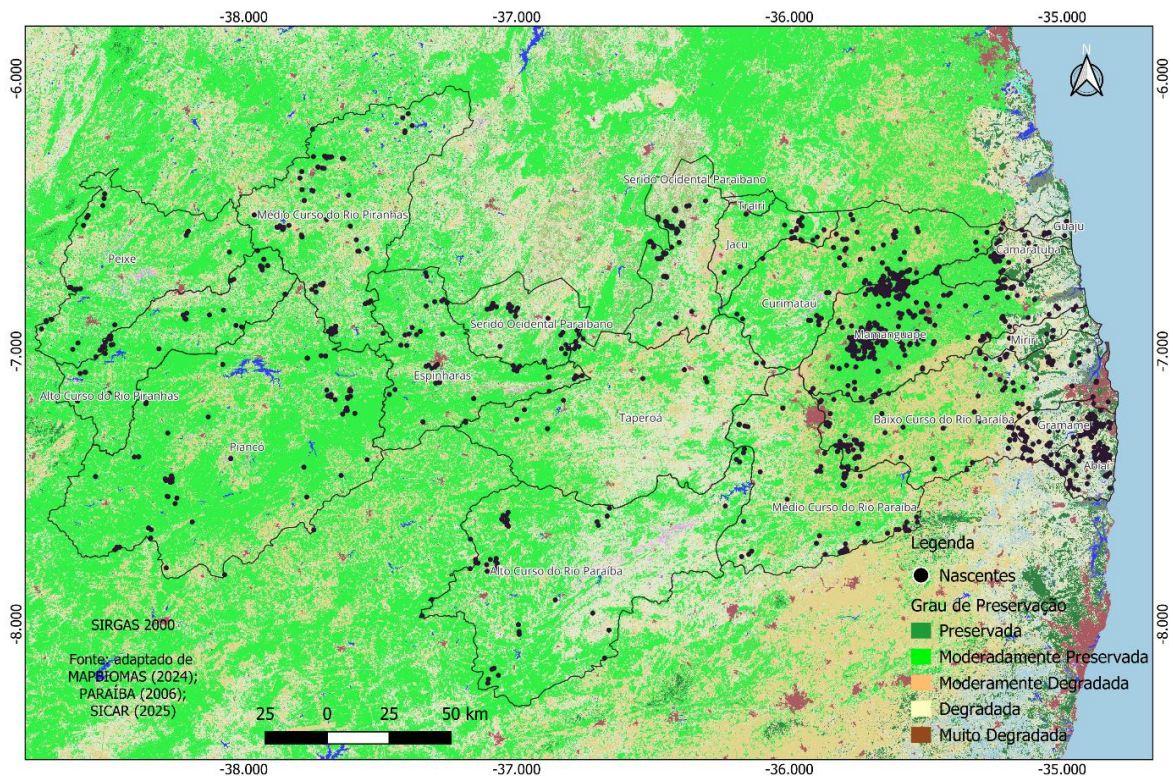


Figura 5. Grau de preservação das nascentes. Fonte: adaptado de SICAR® (2024); MAPBIOMAS® (2024); PARAIBA (2006).

Tabela 3. Grau de preservação das nascentes.

Região	Bacia Hidrográfica	Sub-bacia	Grau de Preservação									
			Preservada		Moderadamente Preservada		Moderadamente Degradada		Degradada		Muito Degradada	
			Área (km²)	%	Área (km²)	%	Área (km²)	%	Área (km²)	%	Área (km²)	%
Sertão	Rio Piranhas	Peixe	0,20	0,42	-	-	0,02	0,17	-	-	-	-
		Piancó	0,60	1,25	-	-	0,04	0,33	0,03	0,79	-	-
		Espinharas	0,20	0,42	0,01	0,39	0,04	0,33	0,02	0,53	0,01	2,68
		Seridó Ocidental Paraibano	0,16	0,33	0,01	0,39	0,05	0,41	-	-	0,01	2,68
		Seridó Oriental Paraibano	0,40	0,83	0,02	0,78	0,09	0,74	-	-	-	-
		Alto Curso do Rio Piranhas	0,21	0,44	-	-	0,03	0,25	0,01	0,26	-	-
		Médio Curso do Rio Piranhas	0,27	0,56	-	-	0,19	1,57	0,11	2,91	0,01	2,68
Curimataú	Rio Trairi	Trairi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Rio Jacu	Jacu	0,11	0,23	-	-	0,02	0,17	0,02	0,53	-	-
	Rio Curimataú	Curimataú	0,51	1,06	0,04	1,56	0,02	0,17	0,05	1,32	-	-
Cariri	Rio Paraíba	Taperoá	0,06	0,13	-	-	0,06	0,50	0,02	0,53	-	-
		Alto Curso do Rio Paraíba	2,24	4,66	0,02	0,96	1,47	12,18	0,24	6,30	0,02	4,74
		Médio Curso do Rio Paraíba	0,22	0,46	0,01	0,39	0,08	0,66	0,15	3,96	-	-
		Baixo Curso do Rio Paraíba	5,42	11,31	0,23	8,99	2,29	18,90	1,40	37,07	0,13	34,80
Litoral Norte	Rio Guaju	Guaju	0,42	0,88	0,03	1,19	0,39	3,22	-	-	-	-
	Rio Camaratuba	Camaratuba	1,78	3,70	0,19	7,38	0,34	2,84	0,06	1,49	-	-
	Rio Mamanguape	Mamanguape	23,53	49,04	1,88	73,21	0,94	7,81	1,47	38,82	0,20	52,43
	Rio Miriri	Miriri	0,36	0,76	-	-	0,26	2,13	-	-	-	-
Litoral Sul	Rio Gramame	Gramame	4,04	8,42	-	-	3,25	26,87	0,19	4,98	-	-
	Rio Abiaí	Abiaí	7,25	15,11	0,12	4,76	2,51	20,76	0,02	0,50	-	-
Total			47,98	100	2,57	100	12,09	100	3,78	100	0,37	100

De acordo com Amorim et al. (2023), outro ponto relevante para entender as correlações entre as questões ambientais e os níveis de degradação é a declividade e a facilidade de uso destas áreas, no qual as de maior declividade apresentam menor potencial para uso agrícola. Dessa forma, áreas de nascentes em regiões planas, com menor declividade, apresentam maior potencial de uso, devido à facilidade de manejo do terreno e à disponibilidade hídrica superior, apresentando, predominantemente, maiores níveis de degradação, havendo a predominância de agricultura extensiva de culturas como cana-de-açúcar, abacaxi e banana.

Por este trabalho, pode-se observar que, a Bacia do Rio Mamanguape, em sua maioria das nascentes localizadas na região do Brejo, com maior altitude, apresenta maior área na classe Preservada. Verifica-se que, esta região apresenta uma notável concentração de nascentes, neste caso, também observado por Amorim et al. (2023) que afirmam que isto é, devido à presença da Formação Serra dos Martins, nos municípios de Bananeira, Areia e Cuité.

Nas bacias do Rio Gramame e Abiaí, Litoral Sul, juntas apresentam 11,29 km² representando 33,53% do total do grau Preservada, seguida do grau Moderadamente Degradada em 5,76 km² (47,63%) representando ~70% das nascentes em estado conservadas.

Adentrando a Oeste do Estado, sob o Planalto da Borborema, localizam-se as bacias do Cariri e Curimataú onde apresentam respectivamente, ~60 e ~80% de suas áreas com grau de Preservação, mesmo estando localizadas em ambiente de clima quente e seco, isto devido à menor proporcionalidade de total de nascentes em relação às demais bacias localizadas no Brejo e Litoral.

Amorim et al. (2023), classificando em 3 níveis as nascentes que desagüam no Estado do Rio Grande do Norte, identificaram que a Bacia do Rio Jacu apresentou somente 2 nascentes muito degradadas, 8 degradadas e 19 conservadas localizadas em área pertencente à Paraíba, isto porque sua área total é das menores em relação às demais. Para a Bacia do Rio Mamanguape, os autores identificaram 181 nascentes como alto nível de degradação de sua vegetação circundante, 390 com médio nível de degradação e 45 como baixo nível de degradação. Já para a Bacia do Rio Curimataú observaram 35 nascentes com áreas em estado muito degradada seguida de 30 conservadas.

As bacias hidrográficas do Sertão, mesmo por estarem em região semiárida, apresentam

menores áreas degradadas em torno de suas nascentes em relação às demais bacias. Estas totalizam 2,04 km² em grau Preservada, representando ~71% de suas áreas como conservadas.

No Teste de Normalidade de Lilliefors o valor obtido $D = 0,29315$ com p-valor $< 2,2e^{-16}$ representando normalidade na distribuição das nascentes e seus graus de preservação. Na Figura 6, do *boxplot* da densidade dos dados, pode-se observar que, o grau Preservado (1) apresenta os maiores valores dos dados (nascentes), seguido do grau Moderadamente Degradada (3), do grau Degradada (4), Moderadamente Preservada (2) e do grau Muito Degradada (5). Neste caso confirmando a distribuição dos dados da Tabela 3.

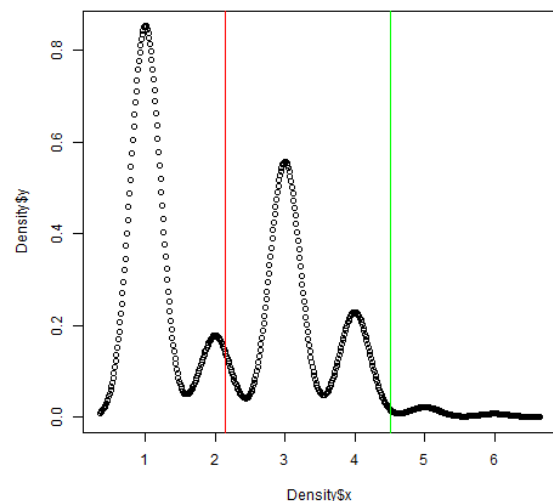


Figura 6. *Boxplot* da densidade de distribuição.

Das nascentes mapeadas por este trabalho, 54,82% do total foram identificadas em grau de Preservação, seguida do grau Moderadamente Degradada em 13,93%. Isto demonstra a necessidade de preservação das mesmas. Observa-se que isto ocorre nas bacias Litorâneas onde apresentam a maior área no grau Moderadamente Degradada devido à sua exploração.

O aumento das taxas de redução dos ecossistemas naturais relacionados às pressões antropogênicas, são uma realidade global nos últimos anos (Aldwaik & Pontius, 2012; Nayak & Mandal, 2019; Hasan et al., 2020).

4 Conclusão

As técnicas de geoprocessamento e a metodologia utilizada apresentaram eficácia e rapidez.

Os dados utilizados de nascentes do SICAR® apresentaram precisão e totalizaram 1.392 nascentes, onde sua maioria foi identificada em regiões de maior declividade, como a Região do Brejo localizadas na Bacia do Rio Mamanguape.

Os dados do MapBiomass® foram precisos e de importância para determinar os graus de preservação.

Quanto à distribuição espacial da classificação das nascentes, observou-se que há uma relação estreita entre o uso da terra.

As nascentes mapeadas apresentaram grau de Preservação em 54,82% de sua área total, seguida da Moderadamente Degradada em 13,93%.

O teste estatístico apresentou normalidade na distribuição das nascentes e em seus graus de preservação como também em sua densidade de distribuição.

Referências

- Aldwaik, S.Z.; Pontius, R.G. 2012. Intensity analysis to unify measurements of size and stationarity of land changes by interval, category, and transition. *Landscape and Urban Planning* 106(1) 103-114.
- Amorim, R.F.; Souza, J.O.P.; Sousa, S.B. 2023. Condição ambiental de nascentes perenes e intermitentes no nordeste brasileiro—bacias no RN e na PB. *Revista Contexto Geográfico* 8(17) 36-50.
- ANA. Agência Nacional de Águas. 2012. Águas interiores. Rio. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/a01764d3-4742-4f7d-b867-01bf544dde6d>. Acesso em: 21 de abril de 2025.
- Aquino, C.M.S.; Valladares, G.S. 2013. Geografia, geotecnologias e planejamento ambiental. *Revista Geografia (Londrina)* 22(1) 117-138.
- Barbosa, C.C.; Câmara, G.; Medeiros, J.S.; Crepani, E.; Novo, E.; Cordeiro, J.P.C. 1998. Operadores zonais em álgebra de mapas e sua aplicação no Zoneamento Ecológico Econômico. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 9, 1998, Santos. Anais...Santos.
- Borges, D.W.S.; Silva, F.R.; Silva, I.C. 2019. Território das águas: Avaliação ambiental da nascente do Rio Camaratuba entre os municípios de Duas Estradas/PB e Serra da Raiz/PB. *Revista da Casa da Geografia de Sobral* 21(2) 1268-1276.
- BRASIL. 2002. Ministério da Saúde. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. *Diário Oficial da União*, nº 90, Seção 1, p.68, 13 mai. 2002.
- BRASIL. Lei nº 12.651 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção de vegetação nativa. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm#:~:text=Esta%20Lei%20estabelece%20normas%20gerais,n%C2%BA%20571%2C%20de%202012). Acesso em: 18 abril de 2025.
- Costa, F.F. 2011. Avaliação ambiental em áreas de nascentes na bacia hidrográfica do Alto Rio Gramame—PB. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental). Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- Costa, H.F.; Sacramento, B.H.; Sousa, J.A.P.; Lourenço, R.W. 2020. Conflitos ambientais em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio paiol, Ibiúna, SP. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental* 9 403-418.
- Dias, R.M. 2022. Cadastro Ambiental Rural como instrumento de regularização ambiental: diagnóstico da implementação da região do alto rio Corrente. 31f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Estudos Geoambientais e Licenciamento). Instituto Federal do Piauí. Corrente.
- Diniz, F.S.S.; Silvino, G.S.; Araujo, W.O.; Silva, B.S.; Dornelas, C.S.M.; Santana, J.V.T. 2024. Identificação e caracterização morfométrica de nascentes no município de Alagoinha, Paraíba, com uso de geotecnologias. *Revista JRG de Estudos Acadêmicos* 7(14) e141258.
- Faria, R.A.V.B.; Botelho, S.A.; Souza, L.M. 2012. Diagnóstico ambiental de áreas do entorno de 51 nascentes localizadas no município de Lavras, MG. *Enciclopédia Biosfera* 8(15) 648-661.
- Felippe, M.F.; Carmo, L.G.; Magalhães Junior, A.P. 2014. Áreas de preservação permanente no entorno de nascentes: conflitos, lacunas e alternativas da legislação ambiental brasileira. *Boletim Goiano de Geografia* 34 275-293.
- Felippe, M.F.; Magalhães Júnior, A.P. 2012. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte-MG. *Revista Geografias* 8(2) 8-23.
- Ferreira L.L.N.; Oliveira Júnior, R.F.; Arruda, L.E.V.; Vale, C.N.C.; Lemos Filho, L.C.A. 2015. Dependência espacial da qualidade da água para irrigação em reservatório superficial do semiárido. In: *INOVAGRI Internacional Meeting*, 3, 2015, Fortaleza. Anais...Fortaleza.
- Francisco, P.R.M. 2010. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do

- Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. Dissertação (Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia.
- Francisco, P.R.M.; Chaves, I.B.; Lima, E.R.V. 2013. Classificação de terras para mecanização agrícola e sua aplicação para o Estado da Paraíba. *Revista Educação Agrícola Superior* 28(1) 30-35.
- Francisco, P.R.M.; Medeiros, R.M.; Santos, D.; Matos, R.M. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. 2015. *Revista Brasileira de Geografia Física* 8(4) 1006-1016.
- Francisco, P.R.M.; Santos, D. 2017. *Climatologia do Estado da Paraíba*. 1ª ed. Campina Grande: EDUEFCG. 75p.
- Francisco, P.R.M.; Santos, D.; Oliveira, F.P.; Ribeiro, G.N.; Silva, V.F.; Silvino, G.S. 2023a. Atualização do mapa de solos do Estado da Paraíba utilizando geotecnologias. *Revista Geama* 9(2) 20-28.
- Francisco, P.R.M.; Santos, D.; Ribeiro, G. N.; Silva, V.F.; Ayres, G.D.J.; Rodrigues, R.C.M. 2023b. Dinâmica temporal da cobertura e uso das terras do estado da Paraíba utilizando MapBiomass[®]. *Revista Geama* 9(3) 56-65.
- Freire, J.N.; Silvino, G.S.; Diniz, F.S.; Silva, A.T.S.; León, M.J.; Araújo, W.O. 2024. Análise comparativa entre os modelos digitais de elevação dos sensores ALOS PALSAR e SRTM em estudos ambientais do município de Areia-PB. *Revista JRG de Estudos Acadêmicos* 7(15) e151261.
- Gheyi, H.R.; Paz, V.P.S.; Medeiros, S.S.; Galvão, C.O. 2012. Recursos hídricos em regiões Semiáridas: estudos e aplicações. 1. ed. Cruz das Almas. 258p.
- GRASS-GIS. Geographic Resource Analysis Support System. 2024. Disponível em: <http://grass.osgeo.org>.
- Hasan, S.S.; Sarmin, N.S.; Miah, M.G. 2020. Assessment of scenario-based land use changes in the Chittagong Hill Tracts of Bangladesh. *Environmental Development* 34(1) e100463.
- Ho, Y.; Hengl, T. 2025. Global Ensemble Digital Terrain Model 30m (GEDTM30) (Versão v20250130). Data set. Zenodo. Disponível em: <https://zenodo.org/records/14900181>. Acesso em: 21 de abril de 2025.
- IBGE. 2021. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malhas territoriais. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 10 de abril de 2022.
- Jesus, J.B.; Oliveira, L.S.; Gama, D.C. 2018. Composição florística e caracterização do estado de conservação de nascentes no centro-leste da bacia hidrográfica do Rio Itapicuru, semiárido da Bahia. *Floresta* 48(2) 245-254.
- Leite, J.P.R. 2017. Monitoramento da qualidade da água do rio Cuiá, João Pessoa/PB. 51f. Monografia (Graduação em Tecnologia Gestão Ambiental). Unidade Acadêmica de Design, Infraestrutura e Ambiente. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. João Pessoa.
- Lilliefors, H.W. 1967. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. *Journal of the American Statistical Association* 62(318) 399-402.
- MAPBIOMAS. 2024. Projeto MapBiomass – Coleção 2023 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. Disponível em: https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/initiatives/brasil/collection_9/lcl/coverage/brasil_coverage_2023.tif. Acesso em: 5 de dezembro de 2024.
- Nayak, S.; Mandal, M. 2019. Impact of land use and land cover changes on temperature trends over India. *Land Use Policy* 89(1) 104238-104248.
- Oliveira, C.L.; Araújo, A.P.S.; Dantas, A.Q.N.; Galdino, V.A.; Rocha, G.D.C.; Barbosa, E.C.A. 2016. Análise ambiental das nascentes do Parque Zoológico Arruda Câmara, município de João Pessoa - PB, utilizando ferramentas de geoprocessamento. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 2016, João Pessoa. Anais...João Pessoa.
- Oliveira, L.; Neiman, Z. 2020. Educação ambiental no âmbito escolar: análise do processo de elaboração e aprovação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). *Revista Brasileira de Educação Ambiental* 15(3) 36-52.
- Oliveira, L.; Oliveira, F.H. 2019. Verificação da integração entre o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e o Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR) sob a ótica do Cadastro Territorial Multifinalitário. *Geosul* 34(70) 339-357.
- PARAÍBA. 1978. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento – CEPA-PB. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-EletronConsult Ltda. 448p.
- PARAÍBA. 2006. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas. Brasília, DF. 112p.
- PARAÍBA. 2014. Secretaria de Infraestrutura, Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da

- Ciência e Tecnologia. Camargo Schubert Engenheiros Associados. Associação Técnico Científica Ernesto Luiz de Oliveira Júnior, ATECEL. Atlas Eólico: Paraíba. Campina Grande: ATECEL/UFCG. 104p.
- QGIS. Development Team. 2024. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.
- Queirós, J.C. 2019. Problemas ambientais em três nascentes da cidade de João Pessoa-PB em decorrência da expansão urbana. 52f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa.
- RCoreTeam. 2024. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2024.
- SAGA. System for Automated Geoscientific Analyses. 2024. Disponível em: <https://saga-gis.sourceforge.io/en/index.html>. Acesso em: 24 de janeiro de 2024.
- Santos, D.R.C.S.; Santos, V.C. 2021. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade da água em nascentes localizadas na Vila Bananeira, Arapiraca-AL. *Diversitas Journal* 6(1) 481-498.
- Santos, M.; Seabra, O.C.L.; Carvalho, M.; Leite, J.C. 2001. Território e sociedade: entrevista com Milton Santos. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo. 127p.
- Santos, M.L.F. 2018. Identificação de áreas prioritárias para conservação da caatinga na bacia do Alto Curso do Rio Paraíba/PB através do uso das geotecnologias. 132f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Programa de Pós-Graduação de Desenvolvimento e Meio-Ambiente. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa.
- Santos, M.L.F.; Toscano, G.L.G. 2015. Análise de área propícia para criação de corredor ecológico, no município de Mamanguape-PB. *Revista Ambiental* 1(3) 34-45.
- SICAR. 2024. Sistema do Cadastro Ambiental Rural. Disponível em: <https://consultapublica.car.gov.br/publico/estados/downloads>. Acesso em: 23 de novembro de 2024.
- Silva, A.C.O. 2023. Hidropolítica e conflitos por água: disputas territoriais e acesso à água no município de Dona Inês (PB). 109f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal.
- Silva, C.S. 2016. Avaliação dos impactos ambientais causados na nascente do Rio da Prata/PB pelas plantações de cana-de-açúcar. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnólogo em Produção Sucroalcooleira). Centro de Tecnologia em Desenvolvimento Regionais. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- Silva, P.L.F.; Figueirêdo Neto, N.G.; Silva, B.O.T.; Monteiro, J.E.A.; Xavier, H.F. 2016. Degradação, uso e ocupação do solo em áreas de nascentes na microbacia hidrográfica do rio Guarabira. *Acta Iguazu* 5(4) 42-53.
- Silva, V.F.; Ferreira, A.C.; Lima, V.A.; Baracuh, J.G.V. 2013. Diagnóstico da nascente pertencente à microbacia hidrográfica do riacho das Piabas-PB. In: Workshop Internacional sobre Água no Semiárido Brasileiro, 1, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2013.
- Skorupa, L.A. Áreas de preservação permanente e desenvolvimento sustentável. 2003. EMBRAPA Meio Ambiente. Jaguariúna. 4p.
- Souza, A.S.; Francisco, P.R.M.; Melo, J.A.B. de. 2014. Estudo do impacto socioambiental na Unidade de Conservação Parque do Poeta. *Polêmica* 13(1) 980-995.
- Souza, K.I.S.; Chaffe, P.L.B.; Pinto, C.R.S.; Nogueira, T.M.P. 2019. Proteção ambiental de nascentes e afloramentos de água subterrânea no Brasil: histórico e lacunas técnicas atuais. *Águas Subterrâneas* 33(1) 76-86.
- Targino, L.S. 2024. Das nascentes de um rio às nascentes de uma educação: relato de uma experiência sobre o rio Goiamunduba, Bananeiras-Paraíba. 41f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia.
- Varejão-Silva M.A.; Braga, C.C.; Aguiar M.J.N.; Nietzsche M.H.; Silva, B.B. 1984. Atlas Climatológico do Estado da Paraíba. UFPB, Campina Grande.
- Venzel, S.M.; Paixão, M.V.S.; Paixão, G.P.; Paixão, P.P. 2016. Revitalização de nascentes. *Natureza Online* 14(2) 1-6.